Lane Medical Library

Einfluß von Mineralsalzen und Wassergehalt auf Konsistenz und thermisches Verhalten von Bademoorbreien

---

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde

einer hohen Medizinischen Fakultät der

Friedrich Schiller-Universität zu Jena

vorgelegt von

Herbert Werner

Zahnarzt aus Reinsdorf

über Zwickau in Sa.

1 9 3 6

Bernhard Sporn, Buchdruckerei und Verlagsanstalt

Zeulenroda

Gedruckt mit Genehmigung des Pharmakologischen Instituts einer Hohen Medizinischen Fakultät der Friedrich Schiller-Universität Jena.

Gutachter: Professor Dr. med. Kionka.

Jena, den 24. 10. 35.

Guleke
d. z. Dekan.

Die Arbeit wurde in dem Pharmakologischen Universitäts,Institut unter Anleitung von Herrn Professor Dr. med. Kionka fertiggestellt. Ich versichere eidesstattlich, daß darüber hinaus keine weitere Beihilfe stattgefunden hat.

Für den therapeutischen Wert eines Bademoores sind in erster Linie seine physikalischen Eigenschaften von Wert, vor allem das thermische Verhalten eines Bademoorbreies, dazu kommt, wie Schulz (1) in seiner Arbeit gezeigt hat, die Konsistenz des betreffenden Moorbreies. Unter Konsistenz versteht man „die äußere Beschaffenheit eines Stoffes und sein Verhalten gegen Formänderung (spröde, zähe, breiige, plastische, dichte, lockere Konsistenz)." Die Art der Konsistenz ist auch für das thermische Verhalten von Breien von Bedeutung. Die Konsistenz beim Moorbrei ist bedingt durch innere und äußere Kohärenz, d. h. vor allem durch den Wassergehalt, aber auch durch spezifische Eigenschaften (Art und Menge der organischen Stoffe, der wasserlöslichen Bestandteile u. a.).

Meine Aufgabe war es festzustellen, wie weit durch Zugabe von Mineralsalzen Konsistenz und Wärmehaushalt von Moorbreien beeinflußt wird und wie eine Veränderung der Konsistenz eines solchen durch verschiedenen Wassergehalt auf das thermische Verhalten desselben wirkt.

Material für diese Untersuchungen waren ein fertiger Moorbrei und dann mit Wasser selbst zum Brei angerührtes Moor.

Folgende Moorarten wurden dazu benutzt:

1. Von einer Badeverwaltung zur Verfügung gestellter mit Wasser angerührter Bademoorbrei (Moor I mit 20% Trockensubstanz).

2. Frisches Moor, wie es zum Anrühren von Moor I verwendet wurde (Moor II mit 33,5% Trockensubstanz).

3. Altes, im Keller aufbewahrtes, schon ziemlich trockenes Moor (Moor III mit 39,0% Trockensubstanz) aus demselben Moorlager wie Moor I und II.

4. Frisch bezogenes Moor aus einem anderen Moorlager (Moor IV mit 25% Trockensubstanz), sowie daraus von der Badeverwaltung fertig angerührtes Moor. Es betrug die Menge der Trockensubstanz bei diesem fertig angerührten Moorbrei (Moor IV) 15%.

Aus den 3 Moorarten (II, III und IV) wurden für die folgenden Versuche Moorbreie angerührt und zwar so, daß der Anteil des Wassers zuerst 80%,später 85% und zuletzt 90% betrug. Diesen Moorbreien, deren Verhalten bei Senklot- und Abkühlungsversuchen (zur Bestimmung des thermischen Verhaltens) zunächst gemessen wurde, werden in den verschiedenen Versuchsreihen Mineralstoffe (Kochsalz und Eisensulfat) in verschiedenen Mengen zugesezt.

Konsistenzbestimmungen von Moorbreien.

Hierzu diente eine besondere Apparatur, deren Aufbau folgendermaßen war: In einer Höhe von 80 cm ist eine horizontal gelagerte Achse befestigt, in der eine kreisrunde Scheibe im Kugellager läuft. Ein Gewicht, das der Form eines Torpedos gleicht, ist an einer dünnen Angelschnur befestigt und diese gleitet in der Kerbe am Rande der obengenannten Scheibe entlang. Kugellager sowie Feinheit der Kerbe vermeiden eine zu starke Reibung bei der Bewegung des Torpedos. Dieses wird durch ein größeres außerhalb des Standglases laufendes Gegengewicht vom Grunde des im Glase befindlichen Moorbreies nach oben gezogen, und es wird die Zeit bestimmt, in welcher das Torpedo die Moorschicht im Standglas durchlief. Zunächst wurden in jeder Versuchsreihe derartige Senklotversuche angestellt mit Moorbrei ohne jeden Zusatz. Ich füllte das Standglas, das eine Höhe von 55 cm hat, bis zu 50 cm Höhe mit dem zu untersuchenden Moorbreien an und versenkte das Torpedo in diesem bis zu einer Tiefe von 40 cm. Das Torpedo durchlief dann beim Aufsteigen durch den Zug des Gewichtes eine abgemessene Strecke von 35 cm und bewegte sich möglichst in der Mitte der Moorsäule.

Nachdem ich einige Vorversuche ausgeführt hatte, stellte ich fest, daß bei nochmaliger Verwendung in dem im Standglas befindlichen Moorbrei schon nach dem ersten Auftrieb des Torpedos eine Saugrinne zurückblieb. Dies zeigten ganz deutlich die bei mehreren hintereinander folgenden Versuchen mit demselben Moorbrei sich ergebenden erheblich kleineren Zeit-Werte. Diese Ungenauigkeiten vermied ich, indem ich von nun an nach jedem Versuch das Moor ausschüttete und für den folgenden das Standglas von neuem füllte. Die Art der Untersuchung gewährleistete mir eine genügende Genauigkeit der Werte.

Vor Beginn der neuen Versuchsreihen wurde der Auftrieb ausgeglichen. Dann erst begannen die Versuche. Der Auftrieb des Torpedos verkürzte sich entsprechend der Vergrößerung des Gegengewichtes. Dieses wurde durch Zulegen um je 5 g steigernd, also von 5—5 g, in den einzelnen Versuchen vergrößert. Die Versuche mit denselben Gewichten wurden bis zu 5 mal wiederholt und auf diese Weise ein guter Durchschnittswert erzielt. Bei kleinem Gewichtsüberschuß waren die Auftriebszeiten derartig unterschiedlich, daß ich die Versuche oft bis zu zehn mal wiederholen mußte, um einen annähernd guten Mittelwert zu erhalten. Wenn bei solch kleinem Übergewicht die Werte derartig beeinflußt werden, so liegt das an dem großen Reibungskoeffizienten des Moores. Bei den größeren Gewichten ist die Reibung weit herabgesetzt, während bei kleinen Gewichten von 5—15 g das Sinken des Außengewichtes nicht ganz ohne kleine Störungen verlief.

Meine Versuchsreihen habe ich folgendermaßen durchgeführt:

Senklotversuche mit Moor I, 20% Trockensubstanz.

1. Moor I ohne Kochsalz.
2. Moor I + 2% Kochsalz.
3. Moor I + 5% Kochsalz.
4. Moor I +10% Kochsalz.

Das Kochsalz wurde prozentual auf das Wasser berechnet, dem Moorbrei zugesetzt, nicht vorher in Wasser aufgelöst und somit die Konsistenz (80:20) nicht geändert. Das Kochsalz wurde innerhalb

Tabelle 1.

Gewicht g	Strecke cm	M. I, 20% Tr.-Subft.	M. I, +2% Na Cl	M. I, +5% Na Cl	M. I +10% Na Cl
5	35	64,5	—	—	—
10	35	46,4	42,8	41,7	35,5
15	35	34,4	30,0	26,6	21,7
20	35	24,2	22,5	21,5	16,6
25	35	18,6	17,9	17,3	13'8
30	35	13,1	12,6	12,2	9,4
40	35	9,8	9,6	9,1	5,2
50	35	6,6	6,6	5,9	3,9

von 2 Stunden unter öfterem Umrühren dem Moorbrei zugesetzt. In Tabelle I sind die Werte zusammengestellt, die ich bei den Senklotversuchen erzielte.

Wenn man die Zahlen der einzelnen Versuchsreihen mit einander vergleicht, so kann man aus jeder Reihe die Feststellung machen, daß mit zunehmendem Kochsalzgehalt des Moores die Werte immer kleiner geworden sind. Ganz auffällig ist dieses Verhalten beim Vergleich der ersten und letzten Reihe.

In weiteren Versuchen wurde der Moorbrei verdünnt, so daß nur noch 15% bezw. 10% Trockensubstanz vorhanden waren. Moorbrei mit so geringer Trockensubstanz ist für Badezwecke nicht mehr geeignet. Ich habe dieses Verhältnis von Wasser zu Trockenmoor auch nur deshalb gewählt, um nachzuprüfen, ob bei einer derartigen

Tabelle 2.

Moor I mit 15% Trockensubstanz.

Gewicht g	Strecke cm	M. I : 15% Tr.-S.	M. I + 2% NaCl	M. I + 5% NaCl	M. I + 10% NaCl
5	35	65,6	62,8	53,4	46,4
10	35	27,7	26,8	27,7	21,1
15	35	17,5	16,5	13,5	12,1
20	35	10,4	5,8	8,5	6,6
25	35	7,0	6,8	5,4	4,1
30	35	5,2	5,1	4,6	3,1
40	35	3,4	3,2	3,5	2,0
50	35	2,3	2,2	1,9	1,8

Tabelle 3.

Moor 1 mit 10% Trockensubstanz.

Gewicht g	Strecke cm	M. I : 10% Tr.-S.	M. I + 2% NaCl	M. I + 5% NaCl	M. I + 10% NaCl
10	35	38,6	33,8	35,7	14,2
15	35	15,7	14,4	12,5	7,0
20	35	8,2	7,9	5,7	4,0
25	35	5,8	5,7	4,3	3,1
30	35	3,5	3,2	2,9	2,3
40	35	2,5	2,3	2,2	1,7
50	35	2,0	1,8	1,6	1,5

Konsistenz der Kochsalzzusatz die gleichen Veränderungen hervorrufen kann.

Auch diese beiden Tabellen zeigen wieder in eindeutiger Weise, daß der Moorbrei bei vermehrtem Kochsalzzusatz seine Konsistenz ändert. Auffallend ist immer im Vergleich zu den letzten Werte jeder Versuchsreihe, die mit den jeweiligen Werten aus den anderen Tabellen verglichen eine gesetzmäßige Abnahme des Auftriebes zeigen, die Unregelmäßigkeit der ersten Auftriebszeiten. Wenn die Auftriebszeiten bei kleinem Gewichtsüberschuß des Außengewichtes unregelmäßig ausfallen, so liegt dies erstens einmal an dem rein empirisch festzustellenden Gleichgewichtszustand zwischen Torpedo im Moorbrei und Außengewicht und zum anderen an dem Wiederstand des groben Moorbreies. Es ist nicht möglich, bei diesen Versuchen einen Gleichgewichtszustand zwischen Außengewicht und Torpedo derart zu erzielen, daß man schon bei einer Mehrbelastung um 1 g eine Bewegung auslösen kann. Die Bewegung des Torpedos wird durch folgende Eigenschaften des Moores verschieden stark beeinflußt: Klebefähigkeit, Reibung durch nicht verwitterte organische Bestandteile, vor allem Ästchen und Wurzeln usw. Dabei ist das Moor I noch gut zersetzt und grobe Bestandteile sind nur in geringerem Maße vorhanden. Bei späteren Versuchen mit jungem Moor wird diese Frage noch eine große Rolle spielen. Auf jeden Fall hat eine Mehrbelastung des Außengewichtes von 2 oder 3 g zur Herstellung des Gleichgewichtszustandes fast keinem Einfluß. Das kleinste Gewicht zur Auslösung einer Bewegung sind 5 g. Es ist ein großer Vorteil, daß die Apparatur schon auf so kleine Gewichtsunterschiede empfindlich reagiert. Während früher eine Kugel als Gewicht im Moorbrei verwendet wurde, dient uns heute dazu ein Gewicht in Form eines Torpodes. Dieses bedingt natürlich eine möglichst große Verringerung des Widerstandes und damit eine Verbesserung in der Genauigkeit der Aufstiegszeiten.

Während ich bisher Moor I verwendete, das nahezu von allen groben Bestandteilen maschinell befreit worden war und dadurch einen klaren, schlammähnlichen Brei ergab, verwendete ich für die nächsten Versuche lufttrockenes Moor desselben Ursprunges wie Moor I. Es war weder maschinell klargerieben, noch von groben Bestandteilen befreit. Ich verrieb es in frischem Zustand mit der Hand

und setzte es dann mit Wasser an. Auch so erhielt ich nach guter Zerreibung einen gleichmäßigen dicken Brei, der dem des Moores I ziemlich entsprach und ebenso die Hände benetzte, der aber nicht die feine Körnelung aufwies, wie man dies bei fertig angerührtem Moor sah. Das mußte sich auch in den Resultaten der Versuchsreihen zeigen. Aller Voraussicht nach müßten die Werte viel kleiner ausfallen. Gerade das maschinell so klar verarbeitete Moor besitzt eine viel größere Adhäsionskraft, als es das selbst angerührte Moor erreicht. Ich verwendetete für die Versuche mit selbst angerührtem Moor zwei verschieden lang gelagerte Sorten, die älteren Datums mit Moor III bezeichnet für die Kochsalzversuche, die jüngeren Datums mit Moor II bezeichnet für Untersuchungen mit Eisenvitriolwasser. Dieses gab ich in ungefähr 1-prozentiger Konzentration dem frischen Moor zu.

Die Versuche mit Moor III + Kochsalz zeigen uns das schon vorher Geschilderte sehr augenfällig. Das Torpedo durchdringt den Brei, der auch dasselbe Verhältnis von Wasser zu Trokkensubstanz wie bei Moor I darstellt, mit Gewichten über 15 g Überbelastung in einer derartigen Geschwindigkeit, daß ich wegen Ungenauigkeit der Werte nur eine Mehrbelastung zwischen 5—15 g verwenden konnte. Das Moor war durch lange Lagerung weitestgehend

Tabelle 4.
Moor III mit 20% Trockensubstanz.

Gewicht g	Strecke cm	M III ohne Na Cl	M III + 5% Na Cl	M III + 10% Na Cl
5	35	67,0	13,5	9,3
6	35	49,1	8,3	6,3
7	35	30,4	7,0	5,1
8	35	16,1	5,3	4,6
9	35	11,8	4,4	4,1
10	35	8,8	4,1	3,5
11	35	6,5	3,7	3,2
12	35	5,2	3,4	3,0
13	35	4,5	3,0	2,7
14	35	3,8	2,8	2,4
15	35	3,3	2,7	2,3

verwittert, irgendwelche groben Reste waren nicht mehr vorhanden. Eine weitere Verdünnung der Konzentration wurde wegen Ungenauigkeit der Werte nicht durchgeführt.

Da gerade Eisenvitriol in Moorbädern oft vorhanden ist, rührte ich das lufttrockene Moor II mit Eisenvitriolwasser*) an. Es ist ein natürliches Vitriolwasser und enthält 0,9645% Eisenvitriol, hat also eine sehr geringe Konzentration. Ich habe den Konzentrationsgrad des Vitriolwassers erhöht, indem ich ihm weitere 2% pulverisiertes Eisenvitriol zugab. Diese neue Lösung vermischte ich mit dem Moor und bekam bei den folgenden Senklotversuchen erheblich kleinere Werte. Auch hier war das Verhältnis von Wasser zu Trok-

Tabelle 5 a.

Versuche mit Moor II mit verschiedenem Wassergehalt.

Gewicht g	Strecke cm	M. II 80:20	M. II 85:15	M. II 90:10
5	35	23,4	20,6	18,9
10	35	12,9	12,5	9,3
15	35	8,1	7,9	5,6
20	35	6,9	6,6	3,5
25	35	5,8	5,1	3,0
30	35	5,3	3,8	2,6
40	35	4,7	2,7	1,8
50	35	2,8	2,2	1,6

Tabelle 5 b.

Zum Vergleich zu Tab. 5 a Versuche mit Moor II in verschiedenen Konzentrationsgraden, angerührt mit Vitriolwasser sowie Zusatz von 2% Eisenvitriol.

Gewicht g	Strecke cm	M. II 80:20	M. II 80:20 +2% $FeSO_4$	M. II 85:15	M. II 90:10
5	35	23,1	13,7	29,4	30,6
10	35	14,5	8,5	13,0	12,0
15	35	8,5	6,4	7,6	5,4
20	35	6,6	6,1	5,2	4,0
25	35	5,4	4,1	4,4	2,7
30	35	4,8	3,3	3,1	2,4
40	35	3,4	2,8	2,3	1,8
50	35	2,7	2,2	1,7	1,5

*) Benützt wurde das Eisenvitriolwasser der Mineralquelle in Oelsnitz i. Vgtld.

kensubstanz = 80:20. Es zeigt sich uns hier in aller Deutlichkeit der Einfluß auf die Beschaffenheit des Moorbreies.

Ich führte dann die gleichen Versuche mit Moor IV durch. Sie sollten mehr als Kontrollversuche gelten und die Resultate der vorherigen Versuche mit Moor I, Moor II und Moor III bestätigen. Nun ist aber Moor und Moor durchaus nicht die gleiche Masse. Man kann schon feststellen, daß dies nicht einmal für denselben Kurort zuzutreffen braucht. Dies beweisen schon die 2 verschiedenen Moorproben aus demselben Kurort (Moor II und III). Die ältere Moorprobe ergab bei einem Verhältnis von Wasser zu Moortrockensubstanz (= 80:20) einen viel dünneren Brei als das lufttrockene Moor II. Daß dies verschieden sein kann, liegt an den Bodenverhältnissen des entstehenden Moores, vor allem an der Beschaffenheit des Untergrundes, an der Entstehungsweise (ob Hochmoor oder Flachmoor), am verschiedenen Pflanzenwuchs, an der Durchtränkung mit Mineralquellen usw. Auch die Entnahme der Moorerde aus tieferen oder höheren Schichten oder die Verwendung in frischem oder verwittertem Zustande ist maßgebend oder wie Helmkampff (2) sagt: „Je nach der Behandlung auf der Halde oder nach der Zubereitung der Bäder." Aus diesem Grunde sind die Wirkungen des Bades nach Braun-Fromm (3) „gleichsam als Momentbilder, gleich den „photographischen Aufnahmen bewegter Gruppen zu betrachten". So ist auch die Beschaffenheit des Moores IV eine ganz andere und stellt an die Senklotversuche besondere Bedingungen. Während die Moorarten II und III als alte pflanzenarme und weit zersetzte Moore anzusehen sind, daher die völlige Zerreibbarkeit der Substanz, die Kleinkörnigkeit, Pflanzenfasern sind überhaupt nicht mehr zu erkennen, kann man das Moor IV als ein junges noch nicht vollständig zersetztes Moor betrachten. Es besteht vorwiegend aus Pflanzenfasern, die noch wenig zersetzt sind. Gerade diese Fasern sind derartig filzig ineinander verflochten, daß das Moor auch nach dem Versuch einer Zerreibung trotzdem aus Klumpen besteht, die man wegen ihrer faserigen Struktur mit der Hand nicht zerkleinern kann, während das bei Moor II und III gut möglich ist. Diese organischen Bestandteile bilden ein spezifisch leichtes, lockeres Gewebe, das viel mehr Wasser aufnehmen kann. Es ist eben durch seinen Zellreichtum quellungsfähiger. Während das Moor II und Moor III beim

Durchmengen des Breies die Hand vollständig benetzt, besitzt Moor IV nur geringe Klebefähigkeit. Die faserigen Bestandteile gleiten an der Haut ab.

Diese Verschiedenartigkeit der beiden Moore liegt zu einem großen Teil auch an ihrer Zubereitung vor der Verwendung zum Bade. So schreibt H e l m k a m f f (2) über die in den Moorbadeorten übliche Vorbereitung des Moores: „Es wird das überwiegend im Herbst gegrabene Moor ganz frei in großen Haufen von ca. 4 m Höhe gelagert, so daß Luft, Sonne und Regen ungehindert darauf einwirken können, bis es im nächsten Frühjahr oder Sommer verbraucht wird. Auf der Halde verwittert die Moorerde nur allmählich, d. h. es entwickelt sich in ihr eine langsame Umsetzung der chemischen Bestandteile, an mancher Stelle bedeckt sich die Masse mit einer zarten gelblichen Salzauswitterung, welche größtenteils aus schwefelsaurem Natron, schwefelsaurer Magnesia und schwefelsaurem Eisen besteht. Die Färbung des Moores wird durch die Verwitterung dunkler, die Beschaffenheit gleichartiger, feiner und schließlich die Moorerde bei völligem Trocknen zu einer leicht zerreibbaren, pulverigen, schwärzlichbraunen Masse." Dies bestätigen meine eigenen Erfahrungen mit dem länger gelagerten und dem neuen lufttrockenen Moor III und II, „Gerade das Halden des Moores bezw. seine Verwitterung ist für die zu ärztlichen Zwecken bestimmte Moorerde von großer Bedeutung. Bei ihr erfolgt unter dem Einfluß der Luft eine Zunahme der wasserlöslichen und damit eine Abnahme der bisher ungelöst gebliebenen Bestandteile. Die unzersetzlichen Pflanzenreste, welche im frischen Moor über die Hälfte der Gesamtmasse ausmachen, zersetzen sich bei freiem Zutritt der Luft intensiver als in der luftarmen Tiefe des Moores und werden größtenteils in Humusstoffe übergeführt. So enthält das gehaldete Moor durchschnittlich 7—10 mal so viel in Wasser lösliche Bestandteile wie frisches Moor." (H e l m k a m f f).

Das frisch abgestochene Moor IV wird sofort für den Badebetrieb verwendet. Die organischen Bestandteile sind noch im Moor vorhanden und nur in kleinen Teilen verwittert. Die filzigen Bestandteile sind wie oben gesagt, in Klumpen zusammengewürfelt und bilden keinen einheitlichen klaren klebefähigen Brei. Das mußte sich auch bei meinen folgenden Versuchen entsprechend zei-

gen. Als ich den Moorbrei von angerührtem Moor IV für Senklotversuche vorbereitete, versuchte ich zuerst einmal dasselbe Verhältnis von Wasser zu Trockenmoor = 80:20 herzustellen. Aber die Trokkensubstanzbestimmungen ergaben bei dem im Kurorte angerührten Moor IV, wie ich es für meine Versuche brauchte, ein Verhältnis von 85:15. Dabei war dieser Brei immer noch derartig dick, daß an ein gleichmäßiges Durchdringen des Senklotes unter den gleichen Gewichtsverhältnissen wie bei Moor I, II und III gar nicht zu denken war. Nach mehrfachen Mischversuchen gelangte ich schließlich zu einem Verhältnis von 90 Teilen Wasser und 10 Teilen Trockensubstanz. Das erst war geeignet, ungefähr dieselben Voraussetzungen zu erfüllen, die den Senklotversuchen von Moor II im Verhältnis 80:20 entsprachen. Warum dieser Unterschied in der Konsistenz? Der hohe Prozentsatz an zellreicher Substanz bedingt das enorme Quellungsvermögen des Moores IV. Erst das Verhältnis 90:10 gewährt mir die Möglichkeit, unter denselben Bedingungen das Torpedo in Bewegung zu setzen. Das hohe Quellungsvermögen des Moores IV zeigt sich auch schon in lufttrockenem Zustand. In diesem besteht es aus 75 Teilen Wasser und 25 Teilen Trockensubstanz. Moor II hingegen bildet z. B. bei einem solchen Mischungsverhältnis bereits einen dicken, zähen Brei.

Tabelle 6.
Versuche mit Moor IV mit 10% Trockensubstanz.

Gewicht g	Strecke cm	M. IV (90:10)	M. IV + 2% Na Cl	M. IV + 5% Na Cl
5	35	7,0	9,3	8,8
10	35	4,9	6,5	5,1
15	35	3,8	5,4	3,3
20	35	3,4	3,6	2,9
25	35	3,1	2,9	2,6
30	35	2,9	2,5	2,0
40	35	2,3	1,8	1,8
50	35	1,9	1,5	1,4

Die erzielten Werte entsprachen ganz dem Mischungsverhältnis von Moor zu Wasser. Sie sind alle klein. Grund: hoher Prozentsatz an Wasser, keine Adhäsionskraft des Moores. Das gleiche Bild er-

gaben auch die Senklotversuche von selbst angerührtem Moor IV mit Zusatz von Eisenvitriolwasser (1% Eisensulfat enthaltend).

Tabelle 7.

Selbst angerührtes Moor IV mit 10% Trockensubstanz.

1. Reihe 90:10 nur mit Wasser angerührt.
2. Reihe 90:10 mit Vitriolwasser angerührt.

Gewicht g	Strecke cm	M. IV 90% Wasser 10% Tr.-S.	M. IV 90% Vitr.-W. 10% Tr.-S.
10	35	24,0	25,0
15	35	15,3	9,3
20	35	7,0	7,5
25	35	6,0	6,5
30	35	5,2	3,8
40	35	2,3	2,4
50	35	1,7	1,7

Auch hier hat der geringe Gehalt an Mineralsalz keinen Einfluß auf die Konsistenz des Breies auszuüben vermocht. Dies war auch nicht zu erwarten, da ja die ungleiche Beschaffenheit des Moores IV alle feinen Einwirkungen, die durch Mineralsalze hervorgerufen wurden, ausschließt. Vergleicht man die Werte der Senklotversuche des im Kurorte angerührten Moores IV mit den Werten des selbst angerührten, so ist aus den Tabellen zu entnehmen, daß die Zahlen von selbst angerührtem Moor IV höher sind, obwohl eigentlich zu erwarten war, gleiche Ergebnisse zu erzielen, weil ja in der Verarbeitung beider Moorbreie keine Unterschiede bestehen. Die ungleichen Ergebnisse sind wohl darauf zurückzuführen, daß der Gleichgewichtszustand zwischen Senklot und Außengewicht vor Beginn der Versuche ein verschiedener war. Wie schon vorher erwähnt, ist dieser Zustand bei derartig groben Moorbreien nicht genau zu erzielen. Zusammenfassend kann man aus den vergleichenden Ergebnissen der Senklotversuche feststellen, daß sich Moor bei Zugabe von Mineralsubstanzen in seiner Konsistenz verändert. Mit zunehmendem Mineralsalzgehalt haben sich die Zeiten der Fortbewegung des versenkten Torpedos bei gleichem Gewichtszustand verkleinert. Wenn

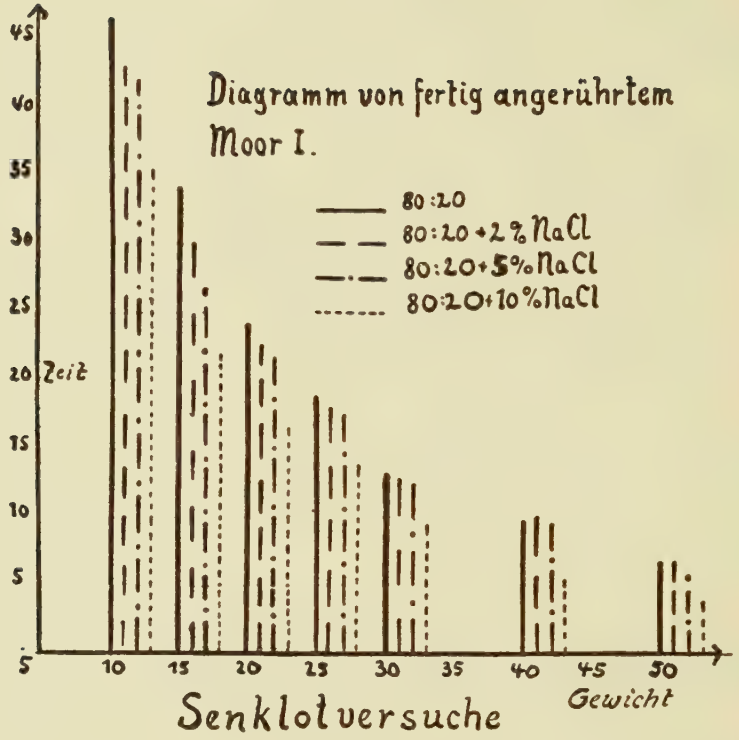


Diagramm von fertig angerührtem
Moor I.
80:20
80:20+2% NaCl
80:20+5% NaCl
80:20+10% NaCl
Zeit
45
40
35
30
25
20
15
10
5
5 10 15 20 25 30 35 40 45 50
Gewicht
Senklotversuche

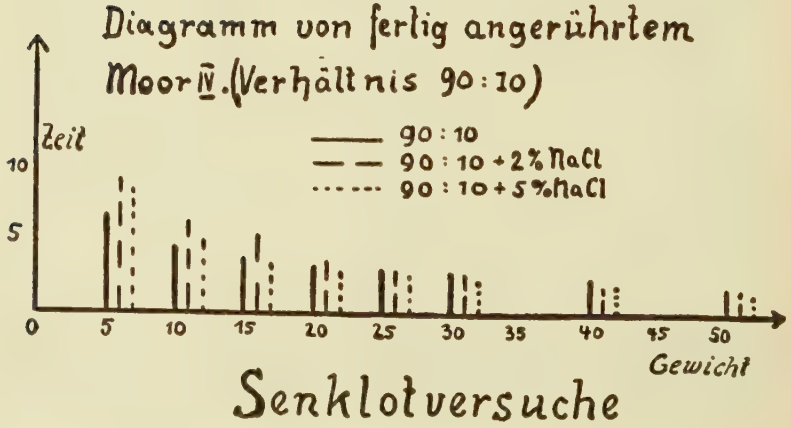


Diagramm von fertig angerührtem
Moor IV. (Verhältnis 90:10)
90:10
90:10+2% NaCl
90:10+5% NaCl
Zeit
10
5
0
5 10 15 20 25 30 35 40 45 50
Gewicht
Senklotversuche

man die Wertereihen graphisch darstellt, so genügt es, sie in zwei grundsätzlich von einander abweichende Bilder zu trennen.

1. Die Feinheit des Moores I und II ließ ein gleichmäßiges Passieren des Senklotes zu und die Ergebnisse zeigen, daß mit der jeweiligen Steigerung an Mineralsalzen die Durchlaufszeiten des Senklotes entsprechend abnahmen. (Siehe Diagramm 1).

2. Die Eigenschaften des Moores IV spiegeln sich in den Ergebnissen der Senklotversuche wieder. Die flockige und filzige Beschaffenheit verhinderte mechanisch das einwandfreie Gleiten des Senklotes. Es ist aus diesem Grunde ein besonderer Einfluß auf die Konsistenz des Moores durch Kochsalz bezw. Eisenvitriolwasser nicht zu ersehen. Das Diagramm von Moor IV ohne bezw. mit Mineralsalzzusatz zeigt uns das uncharakteristische Ergebnis der letzten Senklotversuche.

II. Thermische Versuche.

Es war früher bei der Beurteilung der Wirkungsweise eines Moorbades ein strittiger Punkt, ob die physikalischen oder chemischen Eigenschaften des Moores eine größere Heilwirkung ausübten. Man hat aus den neueren Untersuchungen gelernt, daß die physikalischen Eigenschaften (Wärmeapplikation) einen größeren Anteil an der Wirkung haben. Meine Versuche sollten feststellen, ob bei Hinzufügung von Salzen im erwärmten Moorbrei eine schnellere Abkühlung erfolge, oder die Wärme länger gehalten würde. Wie für die Senklotversuche, verwendete ich auch hier Kochsalz und Eisenvitriolwasser.

Die verschiedenen Moorbreie wurden nach der vom hiesigen Institut eingeführten und jetzt überall angewandten Methode (4) in großen Bechergläsern mit 2 kg Inhalt im Wasserbade unter dauerndem Umrühren bis zu einer bestimmten Temperatur erwärmt und darauf in einem gleichmäßig temperierten Raum zur Abkühlung gebracht. Als besonderer Schutz wurde um die Bechergläser ein Schirm angebracht, der irgendwelche Lufteinströmungen und somit die Beeinflussung der gleichmäßig bleibenden Temperatur des Raumes verhütete. Die Bechergläser waren mit einem Pappdeckel lose verschlossen. Von einer darüber angebrachten Apparatur ragten

je zwei Thermometer in den erwärmten Brei. Sie wurden so aufgehängt, daß die Quecksilberkugel des einen Thermometers möglichst im Mittelpunkt des Moorbreies und das zweite einen Zentimeter von der Seitenwand, aber in der Mitte zwischen Oberfläche und Boden des Moorbreies versenkt war. Es war auf diese Weise möglich, zu gleicher Zeit drei und vier Bechergläser in einer Versuchsreihe zu beobachten. Gewöhnlich standen zum Vergleich:

a) Wasser,
b) Moorbrei,
c) Moorbrei mit Salzzusatz.

Schon bei der Erwärmung des Moorbreies kam die geringe Aufnahmefähigkeit von Wärme gegenüber dem Wasser deutlich zum Ausdruck. Während die Quecksilbersäulen bei Wasser, außen und innen, eine immer gleichmäßig steigende Wärme anzeigten, nahmen die Thermometerwerte im Moorgefäß von den äußeren Schichten nach dem Mittelpunkt hin ab. Der große Unterschied in der Erwärmung von Wasser und Moor ist in den verschiedenen physikalischen Eigenschaften zu suchen. Wasser ist eben ein guter Wärmeleiter, das durch die Beweglichkeit seiner Moleküle die unterschiedliche Temperatur der Außen- und Innenschichten schnell auszugleichen vermag. Zudem hat Wasser auch ein gutes Wärmefassungsvermögen. Beide Komponenten, gute Wärmeleitung und großes Wärmefassungsvermögen, bedingen eine schnellere Erwärmung gegenüber Substanzen wie Moor.

Wenn sich Moor langsamer erwärmt, so trägt die Konsistenz des Breies, die schlechte Beweglichkeit der Schichten die Hauptschuld. Das Wärmefassungsvermögen ist auch nicht so groß wie das des Wassers. Erheblich schlechter ist demgegenüber seine Wärmeleitungsfähigkeit. Das ist auf den hohen Prozentsatz an organischer Substanz zurückzuführen und man kann sagen, je höher der Prozentsatz an Faserstoffen ist, um so geringer wird im allgemeinen sein Wärmeleitungsvermögen sein. Das spezifische Gewicht eines Moores wird daher bis zu einem gewissen Grade ein Gradmesser für seine Wärmeleitfähigkeit sein, denn hat ein Moor ein spezifisch kleines Gewicht, so ist der Prozentsatz an organischer Substanz groß und umgekehrt. Es müssen demnach die jüngsten Moore, da sie noch sehr viel organische Substanz enthalten, schlechte Wärmeleiter sein. Das schlechte

Wärmeleitungsvermögen ist also das Hauptmoment für die langsame Abkühlung, während die Konsistenz des Moores nicht die Rolle spielt, denn es ist ja nachgewiesen, daß Breie von dichterer bezw. dünnerer Konsistenz sowie anderer Art z. B. Mineralschlamme eine auffällig schnellere Erwärmung und Abkühlung erleiden.

Wir unterscheiden also für unsere Versuche drei verschiedene physikalische Eigenschaften für Wasser und Moor, die für beide von unterschiedlicher Bedeutung sind:

1. Das Wärmeleitungsvermögen.
2. Die Beweglichkeit der Schichten.
3. Das Wärmefassungsvermögen.

Das Wärmeleitungsvermögen ist ja für Bäder von besonderer Bedeutung. Es werden bei guter Wärmeleitung schnell größere Wärmemengen dem Körper zugeführt bezw. entzogen. Es findet also ein rascher Wechsel der dem Körper des Badenden berührenden Schicht statt, der diese Temperaturunterschiede viel stärker empfinden läßt. So stellt L ü b b e n (5) fest, daß „durch den Wechsel der berührenden Schicht der Eindruck der Temperaturdifferenz vergrößert wird, indem immer wieder dasselbe Empfinden in alter Stärke an derselben Hautstelle stattfindet und dabei keine Annäherung der berührenden Flüssigkeitsschicht an die Hauttemperatur eintritt." Bei Wasser ist dies ja der Fall, weil dort der schnelle Austausch der Moleküle keine Schichtenbildung zuläßt, während Moor demgegenüber durch sein geringes Wärmeleitungsvermögen, geringe Wärmekapazität und schwerere Beweglichkeit der Flüssigkeitsschichten eine dauernde Schichtenbildung aufweist. Diese Eigenschaften des Moores erklären seine mildere Wärmeapplikation. Das heißt nichts anderes, als daß man im Gegensatz zum Wasserbad ein heißes Moorbad nicht so heiß empfindet und umgekehrt. Man findet daher im Moorbade einen Indifferenzpunkt, der im Gegensatz zu dem des Wasserbades höher liegt. Wie schon vorhin erwähnt, ist das Wärmeleitungsvermögen abhängig von dem Gehalt an organischer Substanz. Wenn nun diese das Wärmeleitungsvermögen verringert, so müßte umgekehrt anorganische Substanz und da im besonderen die Mineralsalze, da diese eine geringe Wärmekapazität gegenüber Wasser und eine höhere Wärmeleitungsfähigkeit gegenüber Moor besitzen, den Wärmehaushalt des Moores im

Sinne einer schnelleren Abkühlung beeinflussen. Die folgenden von mir durchgeführten Abkühlungsversuche sollen zeigen, ob der Theorie die Resultate der Versuche entsprechen. Nach diesen Erwägungen müßten also

Moorbrei ohne Mineralsalze langsam,
Moorbrei mit Mineralsalzen schneller,
Wasser am schnellsten abkühlen.

Die thermischen Versuche wurden mit folgenden Moorbreien angestellt:

1. Moorbrei III 80:20
2. Moorbrei I 80:20
   Moorbrei I 80:20 + 5% Kochsalz
   Moorbrei I 80:20 + 10% Kochsalz.
3. Moorbrei I 85:15
   Moorbrei I 85:15 + 5% Kochsalz
   Moorbrei I 85:15 + 10% Kochsalz.
4. Moorbrei I 90:10
   Moorbrei I 90:10 + 2% Kochsalz
   Moorbrei I 90:10 + 10% Kochsalz.
5. Moorbrei I 80:20 im Vergleich zu 90:10
6. Moorbrei II 87:13
   Moorbrei II 87:13 + 1%iges Eisenvitriolwasser
7. Moorbrei II 90:10
   Moorbrei IV 90:10
8. Moorbrei II 90:10
   Moorbrei IV 90:10
   Moorbrei IV + 5% Kochsalz.
9. Moorbrei II 80:20 + 3% Eisenvitriol
   Moorbrei IV 90:10
   Moorbrei IV + 1%iges Eisenvitriolwasser.

Bei Moor III handelt es sich um ein lange Zeit gelagertes, verwittertes, nur noch wenig organische Substanzen enthaltendes Moor. Der Brei wird im Wasserbad erwärmt und, da zwischen Außen- und Innenschichten des Moorbreies sich die Temperaturunterschiede nur langsam ausgleichen, immerwährend umgerührt. Bei einer Temperatur von 53° wird der gleichmäßig durchtemperierte Moorbrei der Abkühlung ausgesetzt. Bei einer gleichbleibenden Zimmertem-

peratur von 18° wurden alle 15 Minuten die Werte abgelesen, und es zeigte sich schon nach einer Stunde zwischen Moorbrei und Wasser ein Temperaturunterschied von 7°. (Tabelle 1!) Während Moor noch eine Temperatur von 47° aufwies, hatte sich Wasser auf 39,8° abgekühlt. Nach 5½ Stunden bestand immerhin noch ein Temperaturunterschied von 5,3°. Eine besondere Eigenart des erwärmten Moores ist es, daß in den ersten 15 Minuten im Innern des Breies so gut wie kein Absinken der Temperatur eintrat und auch nach 30 Minuten nur eine geringe Senkung festzustellen war, während die Außentemperatur schon von Anfang an rascher fallend ähnlich der Abkühlungskurve des Wassers zurückging. Es trat also der umgekehrte Vorgang wie bei der Erwärmung ein.

Tabelle 1.
Abkühlungsversuche von Moor III zu Wasser.

Zeit	Wasser		Moor III	
	innen	außen	innen	außen
0,00	53,0	53,0	53,0	53,0
1,15	48,8	48,4	52,3	51,6
0,30	45,5	45,5	51,0	50,0
0,45	42,8	42,8	49,4	47,8
1,00	39.8	39,8	47,0	45,1
1,15	37,9	37,9	45,1	43,4
1.30	36,0	36,0	43,2	41,6
1,45	34,3	34,3	41,6	40,0
2,00	32,5	32,5	39,5	38,2
2,15	31,0	31,0	37,8	36,4
2,30	29,9	29,9	36,2	35,1
2,45	28,8	28,8	35,0	34,1
3,00	27,7	27,7	33,8	32,9
3,15	26,6	26,6	32,6	31,8
3,30	25,7	25,7	31,4	30,7
3,45	25,0	25,0	30,3	29,3
4,00	24,2	24,2	29,1	28,9
4,15	23,3	23,3	28,3	28,0
4,30	22,7	22,7	27,6	27,2
4,45	22,1	22,1	26,8	26,6
5,00	21,6	21,6	26,3	26,1
5,15	21,0	21,0	25,8	25,5

Siehe Kurve Seite 29.

Diesem Abkühlungsversuch folgten viele Reihen ähnlicher thermischer Versuche, die ich hier nicht aufzuführen brauche, da sie sich in ihren Resultaten gleichen. Von großem Wert sind uns aber die Abkühlungsversuche des mit Mineralsalz vermischten Moores. Es stand zu erwarten, da Mineralsalze schneller Wärme aufnehmen und abgeben, daß diese auch den Moorbrei in seiner Abkühlung beeinflussen. Es folgen jetzt die Versuche nach der vorher angeführten Aufstellung.

Tabelle 2.

Abkühlungsversuche von Moor I zu Wasser.

Moorbrei = 80:20, 80:20 + 5% NaCl, Wasser.

Zimmertemperatur 20°.

Zeit	Wasser		Moor I		Moor I +5% Na Cl	
	innen	außen	innen	außen	innen	außen
0,00	53,5	53,5	53,5	53,5	53,5	53,5
0,15	50,0	50,0	53,2	51,9	53,2	51,6
0,30	47,0	47,0	52,8	50,0	52,7	49,8
0,45	44,5	44,5	51,6	48,1	51,9	48,0
1,00	42,0	42,0	49,8	46,2	49,7	46,0
1,15	40,0	40,0	48,0	44,5	47,9	44,2
1,30	38,3	38,3	46,5	43,0	49,2	42,8
1,45	37,0	37,0	44,8	41,5	44,6	41,3
2,00	35,3	35,3	43,0	40,0	42,9	39,8
2,15	34,0	34,0	41,7	38,8	41,5	38,6
2,30	33,1	33,1	40,4	37,7	40,2	37,6
2,45	32,0	32,0	39,1	36,6	39,0	36,5
3,00	31,2	31,2	37,9	35,4	37,7	35,3
3,15	30,3	30,3	36,9	34,6	36,7	34,5
3,30	29,7	29,7	35,8	33,7	35,5	33,6
3,45	28,9	28,9	34,8	32,8	34,6	32,7
4,00	28,3	28,3	33,9	31,8	33,7	32,0
4,15	27,7	27,7	33,0	31,1	32,8	31,2
4,30	27,1	27,1	32,2	30,5	32,0	30,5
4,45	26,6	26,6	31,5	29,9	31,2	29,9
5,00	26,0	26,0	30,7	29,1	30,6	29,2
5,15	25,7	25,7	30,2	28,8	30,0	28,8
6,00	24,5	24,5	28,2	29,0	28,0	27,0
6,30	24,0	24,0	27,2	26,1	27,3	26,1

Siehe Kurve Seite 30.

Aus den Zahlen der Tabelle 2 ist ersichtlich, daß der Zusatz von 5% NaCl eine schnellere Abkühlung des Moorbreies nicht her-

beigeführt hat. Wenn man die abgelesenen Werte gegenseitig vergleicht, so ist bei einigen Ablesungen eine Differenz von 0,1°—0,2° festzustellen, ein Unterschied, der keine Gesetzmäßigkeit darstellt und wegen seiner geringen Abweichung eine Beeinflussung des Moorbreies im Sinne einer vermehrten Wärmeabgabe nicht verrät. Auch hier wieder war nach einer Stunde ein Abkühlungsunterschied von 7—8° zwischen Wasser und Moorbrei eingetreten.

Aus folgender Tabelle (Tabelle 3) ist ersichtlich, daß auch bei einer Steigerung des Kochsalzgehaltes auf 10% des Wasseranteiles zwischen Moor ohne Mineralsalz und Moor mit 10% NaCl nur ein Unterschied der Innentemperatur in letzter Ablesung von 0,6° festzustellen ist.

Tabelle 3.

Abkühlungsversuche von Moor I zu Wasser.

Moor = 80:20, 80:20 + 10% NaCl, Wasser.

Zimmertemperatur 20°.

Zeit	Wasser		Moor I		Moor I + 10% NaCl	
	innen	außen	innen	außen	innen	außen
0,00	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
0,15	51,0	51,0	55,0	53,2	55,0	53,0
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.		.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
5,30	26,0	26,0	31,2	29,5	30,6	29,5
6,30	24,5	24,5	28,5	27,0	27,9	26,8

Wie bei den Senklotversuchen, so habe ich auch hier das Verhältnis von Moor zu Wasser geändert und den Wasseranteil um 5% bezw. später um 10% gesteigert. Die Mineralsalzzusätze waren wieder dieselben. Die folgende Tabelle 4 beschränkt sich nur auf die Werte des Wassers, des Moorbreis + 5% NaCl und des Moorbreies + 10% NaCl. Die Zahlen von einfachem Moorbrei und Moorbrei + 2% NaCl sind den Ergebnissen des mit 5% NaCl angerührten gleichzusetzen und deshalb weggelassen worden. Kleine Differenzen zwischen Moorbrei + 5% NaCl und Moorbrei + 10% NaCl sind zwar festzustellen und man könnte annehmen, daß sie den theoretischen Ableitungen, nämlich einem schnelleren Wärmeverlust bei

höherem NaCl-Zusatz entsprächen. Schon nach einer halben Stunde tritt zwischen beiden Moorbreien ein Abkühlungsunterschied der Innentemperaturen von 0,2° ein, der sich nach weiteren zwei Stunden auf 0,6° erhöht und nach einem Ablauf von 6 Stunden noch denselben Temperaturunterschied hat. Ob die Unterschiede tatsächlich praktische Bedeutung haben, darüber sollen uns noch weitere Versuchsergebnisse aufklären.

Tabelle 4.

Abkühlungsversuche von angerührtem Moor I bei Steigerung des Wasseranteiles um 5%.

Moor = 85:15, 85:15 + 5% NaCl, 85:15 + 10% NaCl.

Zimmertemperatur 20°.

Zeit	Wasser		Moor I + 5% NaCl		Moor I + 10% NaCl	
	innen	außen	innen	außen	innen	außen
0,00	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
0,15	52,5	52,5	55,0	52,6	55,0	52,6
0,30	50,0	50,0	54,8	50,4	54,6	50,0
0,45	47,0	47,0	53,4	48,1	53,1	47,7
1,00	44,2	44,2	51,0	46,2	50,9	45,1
1,15	41,8	41,8	49,2	43,9	48,8	43,0
1,30	39,6	39,6	47,3	42,0	46,8	41,4
1,45	37,6	37,6	45,1	40,3	44,6	39,5
2,00	36,0	36,0	43,4	39,0	42,8	38,1
2,15	34,7	34,7	41,7	37,8	41,1	36,7
2,30	33,4	33,4	40,2	36,3	39,5	35,4
2,45	32,1	32,1	38,6	35,1	38,0	34,2
3,00	31,0	31,0	37,2	34,1	36,8	33,2
3,15	30,0	30,0	35,2	33,3	35,7	32,3
3,30	29,1	29,1	35,1	32,2	34,4	31,4
3,45	28,3	28,3	34,0	31,6	33,4	30,6
4,00	27,8	27,8	33,1	30,7	32,3	29,9
4,15	27,1	27,1	32,1	29,9	31,6	29,2
4,30	26,4	26,4	31,2	29,2	30,7	28,4
4,45	25,9	25,9	30,6	28,6	30,0	27,8
5,00	25,4	25,4	29,8	28,0	29,3	27,3
5,15	24,9	24,9	29,1	27,5	28,6	26,9
5,30	24,4	24,4	28,4	27,0	27,9	26,2
5,45	23,9	23'9	27,8	26,4	27,3	25,7
6,00	23,5	23,5	27,3	26,1	26,7	25,2

Die folgende Tabelle 5 gibt uns ein ganz neues Bild von Ergebnissen. Wider Erwarten erhalten wir Werte, die durchaus nicht in den Rahmen unserer theoretischen Ableitungen passen. Es handelt sich um Moor I mit 90% Wasseranteil und 10% Trockensubstanz mit 2% bezw. 10% Kochsalzzusatz. Da auch hier die Werte von Moor ohne Kochsalzzusatz und Moorbrei + 2% NaCl die gleichen sind, führe ich des besseren Überblickes wegen nur die Zahlen des mit 2% NaCl vermischten Moores an. Die Anfangstemperatur beträgt 57,5°. Es ist nun interessant festzustellen, daß dieses Mal das Moor mit nur 2% NaCl-Anteil einen schnelleren Tem-

Tabelle 5.

Abkühlungsversuche mit angerührtem Moor I.

Moor I = 90:10, M. I 90:10 + 2% NaCl, M. I 90:10 + 10% NaCl.

Zimmertemperatur 19°.

Zeit	Wasser		M. I + 2% Na Cl		M. I + 10% Na Cl	
	innen	außen	innen	außen	innen	außen
00,0	57,5	57,5	57,5	57,5	57,5	57,5
0,15	53,3	53,3	57,5	58,5	57,5	54,5
0,30	49,0	49,0	56,7	52,6	56,7	52,7
0,45	45,8	45,8	54,8	50,2	55,1	50,2
1,00	43,4	43,4	52,8	48,2	53,2	48,7
1,15	41,0	41,0	50,7	46,4	51,4	47,0
1,30	38,6	38,6	48,0	44,0	49,0	44,8
1,45	37,0	37,0	46,6	42,6	47,4	43,3
2,00	35,5	35,5	44,7	40,8	45,5	41,8
2,15	34,0	34,0	43,0	39,3	44,0	40,2
2,30	32,6	32,6	41,4	37,9	42,2	38,9
2,45	31,5	31,5	39,9	36,4	40,7	37,4
3,00	30,5	30,5	38,3	35,1	39,1	36,1
3,15	29,5	29,5	37,1	34,2	38,0	35,0
3,30	28,6	28,6	35,9	33,0	36,7	33,9
3,45	27,8	27,8	35,0	32,0	35,6	33,0
4,00	27,1	27,1	33,8	31,0	34,5	32,0
4,15	26,5	26,5	32,9	30,2	33,6	31,1
4,30	25,9	25,9	32,0	29,5	32,5	30,3
4,45	25,3	25,3	31,1	28,6	31,7	29,6
5,00	24,9	29,6	30,4	28,0	31,0	29,0
5,15	24,4	24,4	29,8	27,5	30,1	28,4
5,30	23,9	23,9	29,3	27,0	29,6	27,8

peraturabfall gegen Moor + 10% NaCl und zwar nach einer Stunde um 0,3° Innentemperaturen erleidet. Nach 2¼ Stunden kann ich einen Temperaturunterschied von 1° ablesen, dann aber verringert sich der Unterschied wieder- so daß er am Schluß der Versuchsreihe nach 5½ Stunden nur noch 0,3° beträgt.

In einer neuen Versuchsanordnung (Tabelle 6) wurde 20%-iger und 10%iger Moorbrei — beide ohne Kochsalzzusatz — zur Abkühlung gebracht. Es wäre gerade hier zu erwarten gewesen, daß sich Moor mit 90% Wassergehalt schneller abkühlte, da es bei einem erhöhten Wasserzusatz die Wärmeleitfähigkeit entsprechend erhöhen müßte. Vergleicht man aber die Resultate, so ist bei diesen Moor-

Tabelle 6

Abkühlungsversuche mit Moor I.

Zimmertemperatur 20°.

Zeit	Wasser		M. I (80:20)		M. I (90:10)	
	innen	außen	innen	außen	innen	außen
0.00	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0
0.15	52.9	52.9	56.0	53.5	56.0	53.5
0.30	49.6	49.6	55.0	51.0	55.2	51.0
0.45	46.7	46.7	53.5	48.9	53.5	49.0
1.00	44.2	44.2	51.7	47.0	51.8	47.0
1.15	41.8	41.8	49.4	44.9	49.5	45.0
1.30	39.8	39.8	47.5	43.2	47.6	43.3
1.45	38.0	38.0	45.8	41.7	45.9	41.8
2.00	36.6	36.6	44.1	40.6	44.2	40.7
2.15	35.1	35.1	42.5	39.0	42.7	39,1
2.30	34.0	34.0	41.0	37.9	41.2	38.0
2.45	32.9	32.9	39.5	36.6	39.6	36.6
3.00	31.9	31.9	38.4	35.7	38.5	35.7
3.15	31.1	31.1	37.0	34.7	37.2	34.6
3.30	30.4	30.4	36.1	33.9	36.2	33.9
3.45	29.6	29.6	35.0	33.1	35.2	33.0
4.00	28.9	28.9	34.2	32.2	34.3	32.1
4.15	28.2	28.2	33.2	31.4	33.4	31.3
4.30	27.6	27.6	32.6	30.7	32.7	30.3
4.45	27.0	27.0	31.8	30.0	31.9	29.9
5.00	26.5	26.5	31.0	29.3	31.1	29.2
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
6.30	24.1	24.1	27.6	26.4	27.6	26.3

breien mit verschiedener Konsistenz keine Abkühlungsdifferenz zu bemerken.

Da also Kochsalzzusatz keine nennenswerten Unterschiede in der Abkühlung der Breie herbeizuführen vermochte, habe ich zur Probe die gleichen Versuche auch mit Breien + Eisenvitriolzusatz durchgeführt. Auch bei diesen Ablesungen (Tabelle 7) ist eine Abweichung des Temperaturverlaufes nicht festzustellen. Beträgt ja auch der Gehalt an Eisenvitriol nur 1% des H_2O-Anteiles. Für diesen Versuch wurde lufttrockenes Moor verwendet, und mit Eisenvitriolwasser angerührt. Es handelt sich um Moor II.

Tabelle 7.

Abkühlungsversuche mit Moor II.

Moor II = 87:13, 87 (1%iges Eisenvitr.-Wasser) : 13% Tr.-Subst.

Zimmertemperatur 20°.

Zeit	Wasser		M. II 87:13		M. II 87 (1% $FeSO_4$):13	
	innen	außen	innen	außen	innen	außen
0.00	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0
0.15	52.5	52.5	56.0	52.5	56.0	52.5
0.30	49.0	49.0	55.0	50.5	54.9	49.9
0.45	46.0	46.0	53.1	48.5	53.0	48.2
1.00	43.6	43.6	51.0	46.5	51.2	46.3
1.15	41.0	41.0	49,0	44.5	49.3	44.5
1.30	39.4	39.4	47.0	42.8	47.2	42.8
1.45	37.7	37.7	45.5	41.5	45.7	41.5
2.00	36.0	36.0	43.5	39.7	43.7	39.8
2.15	34.5	34.5	41.8	38.4	41.9	38.4
2.30	33.3	33.3	40.5	37.1	40.6	37.1
2.45	32.1	32.1	39.0	36.0	39,1	36.0
3.00	31.0	31.0	37.5	34.8	37.6	34.8
3.15	30.0	30.0	36.4	33.8	36.5	33.8
3.30	29.2	29.2	35.5	33.0	35.6	33.0
3.45	28.4	28,4	34.6	32.1	34.5	32.1
4.00	27.6	27.6	33.4	31.0	33.4	31.0
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
5.30	24.6	24.6	28.6	27.5	28.6	27.5

Erhebliche Unterschiede sind bei den Vergleichsversuchen zwischen Moor II und Moor IV (Tabelle 8) erzielt worden, d. h. zwi-

schen einem Moor (II), welches, wie oben beschrieben, gut verwittert und von gleichmäßiger, feinkörniger Beschaffenheit war und einem Moor (IV), das noch viele unverwitterte Pflanzenteile enthielt. Während sich Moor I, II und III im Wasserbad viel schneller erwärmen, bleibt das Moor IV immer um einige Grade zurück, so daß ich dieses zur Erlangung gleicher Temperaturen längere Zeit im Wasserbade belassen mußte. Der umgekehrte Vorgang trat beim Abkühlungsversuch ein. Jeder Becherglasinhalt hatte am Anfang eine Temperatur von 54° und schon nach 30 Minuten war die Temperatur des Moores II auf 52,5° zurückgegangen, während Moor IV um 1° höher lag. Der höchste Temperaturunterschied der Abkühlungskurven von Moor II und IV betrug nach 2½ Stunden 1,5°.

Tabelle 8.
Abkühlungsversuche von Moor II und Moor IV, beide im Verhältnis 90:10.

Abkühlungsversuche von Moor II und Moor IV, beide im Verhältnis 90:10. Zimmertemperatur 20°.

Zeit	Wasser		Moor II		Moor IV	
	innen	außen	innen	außen	innen	außen
0.00	54.0	54.0	54.0	54 0	54.0	54.0
0.15	49.5	49.5	54.0	51.8	54.0	51.9
0.30	45.9	45.9	52.1	49.1	53.1	49.4
0.45	43.0	43.0	50.3	46.8	51.3	47.3
1.00	40.4	40.4	48.1	45.0	49.2	45.1
1.15	38.3	38.3	46.0	42.9	47.2	43.3
1.30	36.2	36.2	44.0	41.0	45.3	41.5
1.45	34.7	34.7	42.2	39.4	43.5	40.0
2.00	33.1	33.1	40.0	37.9	41.8	38.5
2.15	32.0	32.0	39.0	36.5	40.5	37.0
2.30	30 9	30.9	37.5	35.1	38.9	35.8
2.45	29.7	29.7	36.0	33.9	37.4	34,6
3.00	28.6	28.6	34.6	32.7	36.0	33.4
3.15	27.6	27.6	33.3	31.6	34.6	32.3
3.30	26.8	26.8	32 2	30.8	33.6	31.7
3.45	26.0	26.0	31.2	29.9	32.7	30.6
4.00	25.4	25.4	30.2	29.0	31.7	29.8
4.15	24.8	24.8	29.5	28.2	30.9	29.1
4.30	24.3	24.3	28.8	27.6	30.1	28.4

Auch die folgende Tabelle 9 stellt in ihren Resultaten fast das gleiche Bild dar, wie wir es aus Tabelle 8 ersehen. Das Moor II kühlt in diesem Versuch noch schneller ab, so daß dieses Mal die Temperaturdifferenz einen Durchschnittswert von ca. 2° erreicht. Eine auffallende Abweichung des Moores IV ist aus den Werten des mit 5% NaCl zugesetzten Breies zu erkennen. Bis jetzt war aus den Versuchen zu entnehmen, daß bei Zusätzen von Mineralsalzen eine beschleunigte Abkühlung nach dem Gesetz des erhöhten Wärmeleitungsvermögens nicht eingetreten war. Dies scheint aber nach den vorliegenden Ergebnissen bei Moor IV zuzutreffen.

Tabelle 9.

Abkühlungsversuche von Moor II und Moor IV.

M. II = 90:10, M. IV = 90:10, M. IV =90:10 + 5% NaCl.

Zimmertemperatur 20°

Zeit	Wasser		Moor II		Moor IV		M. IV+5% NaCl	
	innen	außen	innen	außen	innen	außen	innen	außen
0.00	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0
0.15	54.0	54.0	57.0	55.0	57.0	55.0	57.0	54.0
0.30	51.0	51.0	56.0	53.0	56.5	53.0	56.5	52.0
0.45	47.5	47.5	54.5	50.6	55.2	51.0	55.2	52.0
1.00	44.5	44.5	51.8	47.9	53.0	48.3	53.0	47.7
1.15	41.6	41.6	49.7	46.0	51.3	46.4	51.0	45.8
1.30	39.5	39.5	47.8	44.0	49.5	44.8	49.0	43.9
1.45	37.6	37.6	45.6	42.0	47.6	43.0	47.1	42.0
2.00	36.1	36.1	43.9	40.6	46.0	41.0	45.2	40.5
2.15	34.8	34.8	42.0	39.1	44.2	39.7	43.4	39.6
2.30	33.1	33.1	40.1	37.7	42.3	38.2	42.5	37.4
2.45	31,9	31.9	38.6	36.2	40.7	37.3	40.0	36.0
3.00	30.9	30.9	37.3	35.3	39.5	36.2	38.6	35.0
3.15	29.7	29.7	36.0	34.0	38.0	35.0	37.4	33.9
3.30	28.9	28.9	35.0	33.1	36.9	34 0	36.9	32.8
3.45	27.9	27.9	33.8	32.0	35.9	33.0	55.0	31.8
4.00	27.1	37.1	32.7	31.2	34.8	32.2	33.9	30.9
4.15	26,5	26.5	31.7	30.4	33.9	31.2	32.9	30.0
4.30	25.9	25.9	30.8	29.7	33.0	30.0	32.0	29.3
4.45	25.2	25.2	30.0	28.9	32.0	29.8	31.0	28.4
5.00	24.7	24.7	29.1	28.1	31.0	29.0	30.1	27.7
5.15	24.1	24.1	28.3	27.3	30.2	28.3	29.4	26.8
5.30	23.6	23.6	27.7	26.6	29.5	27.7	28.5	26.0
5.45	25.1	23.1	27.0	26.0	28.9	27.1	28.0	25.4

Die Differenz der Innentemperaturen beider Breie schwankt zwischen 0,7° bis 1,0° und die Außentemperaturen weisen Unterschiede auf, die am Schluß der Versuchsreihe 1,7° betragen. Die Zimmertemperatur wurde während des Versuches auf 20° gehalten.

Es war weiterhin wichtig festzustellen, ob auch ein Zusatz von Eisenvitriol zu Moor IV den Temperaturabfall beschleunigen würde. Das lufttrockene Moor IV wurde mit Eisenvitriolwasser angesetzt. Ihm zum Vergleich stand Moor IV mit Wasser angerührt, beide im Mischungsverhältnis 90:10, sowie Moor II im Mischungsverhältnis 80:20 mit 3% Vitriolzusatz (Tabelle 10). Was in all den anderen Fällen nicht eintrat, das zeigte sich bei diesen Versuchen. Ich erwärmte die Breie bis zu 57° und ließ sie unter gleichen

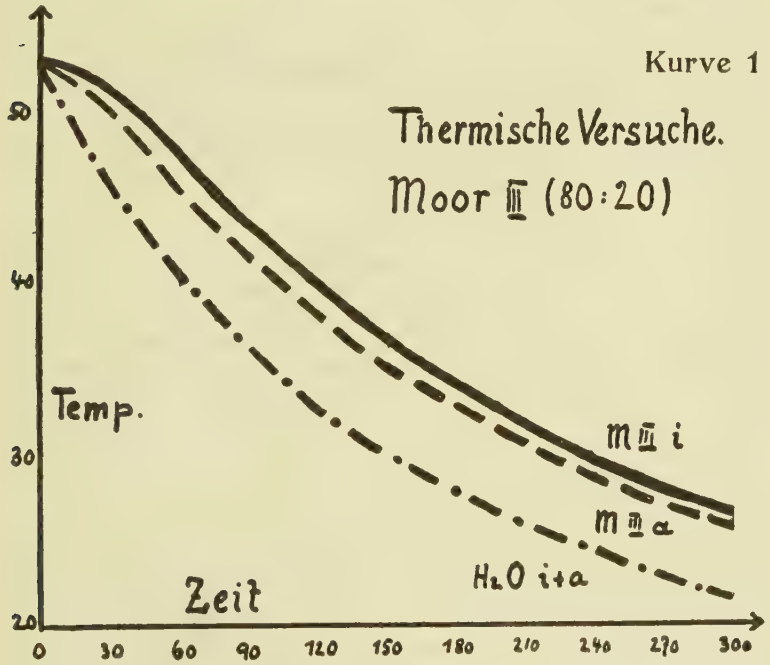
Tabelle 10.

Abkühlungsversuche von Moor II und Moor IV.

M. II (80:20 + 3% Vitriol), M. IV (90:10), M. IV (90:10 + 1% Vitriol). Zimmertemperatur 19°.

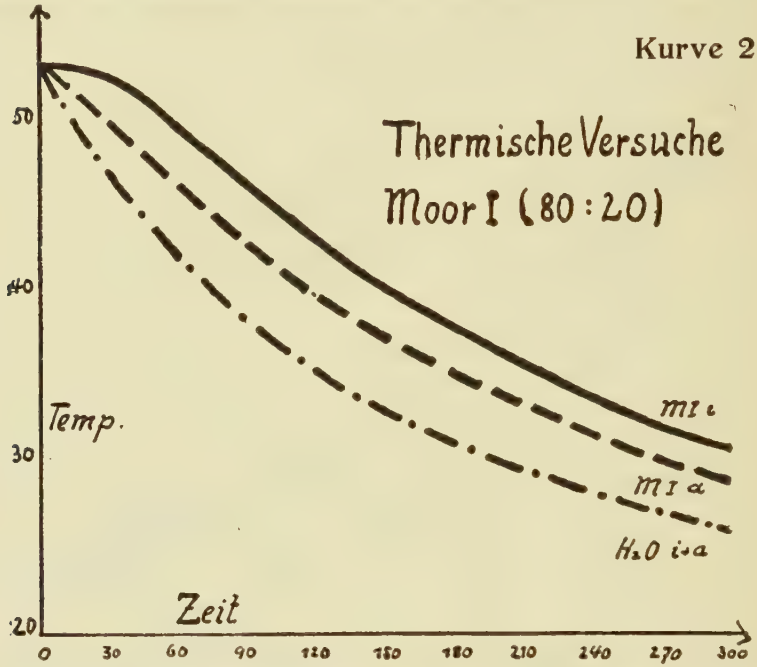
Zeit	Wasser		M. II+2% Vitr.		Moor IV		M.IV+Eisenvitr.	
	innen	außen	innen	außen	innen	außen	innen	außen
0.00	57.0	57.0	57,0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0
0.15	51.5	51.5	57.0	55.5	57.0	55.0	57.0	55.0
0.30	47.8	47.8	55.8	53.8	56.1	52.0	56.6	52.3
0.45	45.0	45.0	54.0	50.6	54.5	49.5	55.0	50.0
1.00	42.5	42.5	52.0	48.3	52.5	47.6	53.2	47.8
1.15	40.2	40.2	50.0	46.5	50.5	45.5	51.5	46.0
1.30	38.0	38.0	47.8	44.6	48.5	43.6	49.3	44.3
1.45	36.2	36.2	45.7	42.8	46.5	41.8	47.2	42.7
2.00	34.7	34.7	43.9	41.2	44.8	40.1	45.3	41.1
2.15	33.5	33.5	42.3	39.8	43.1	38.5	43.5	39.5
2.30	32.5	32.5	40.8	38.6	41.5	37.3	42.0	38.0
2.45	31.6	31.6	39.5	37.3	40.0	36.0	40.5	36.5
3.00	30.5	30.5	38.0	36.0	38.6	34.8	39.0	35.2
3.15	29.4	29.8	36.8	35.0	37.2	33.7	37.9	34.1
3.30	24.9	28.9	35.7	34.0	36.0	32.7	36.8	33.1
3.45	28.0	28.0	34.6	33.1	35.0	31.0	35.7	32.1
4.00	27.2	27.2	33.5	32.2	34.0	30.9	34.6	31.2
4.15	26.6	26.6	32.6	31.4	33.0	30.0	33.5	30.4
4.30	26.0	26.0	31.5	31.0	31.9	29.0	32.5	29.6
4.45	25.5	25.5	30.7	29.6	31.0	28.3	31.5	29.0
5.00	25.0	25.0	29.9	28.8	30.3	27.6	30.8	28.3
5.15	24.6	24.6	29.1	28.1	29.5	26.9	30.1	27.6

Bedingungen bei einer Zimmertemperatur von 19° abkühlen. Bald traten zwischen einfachem und dem mit Vitriolzusatz Temperaturunterschiede auf, aber nicht so, daß der Brei mit Mineralzusatz schneller abkühlte, sondern gerade dieser seine Temperatur länger hielt. Wenn auch der Unterschied in diesem Falle nicht bedeutsam ist, so entspricht er doch dem Gehalt an Vitriolwasser. Die beiden Breie unterscheiden sich in ihrer Innentemperatur um 0,5°, in ihrer Außentemperatur um 0,7°.



Eine eigenartige Stellung nimmt bei diesen Abkühlungsversuchen der Temperaturabfall des mit 3% Eisenvitriol vermischten Moores II ein. Es besteht zwar in diesem Fall ein Verhältnis von Wasser zu Trockensubstanz = 80:20, und es ist bei dieser Konsistenz ein Vergleich mit den Werten der beiden Breie des Moores IV nicht möglich, da diese ein Mischungsverhältnis von 90:10 darstellen und auch sonst die Beschaffenheit eine andere ist. Beim Vergleich der Zahlen ist es aber auffällig, daß Innen- und Außentemperatur des Moores II keine allzugroßen Unterschiede zeigen und sich somit

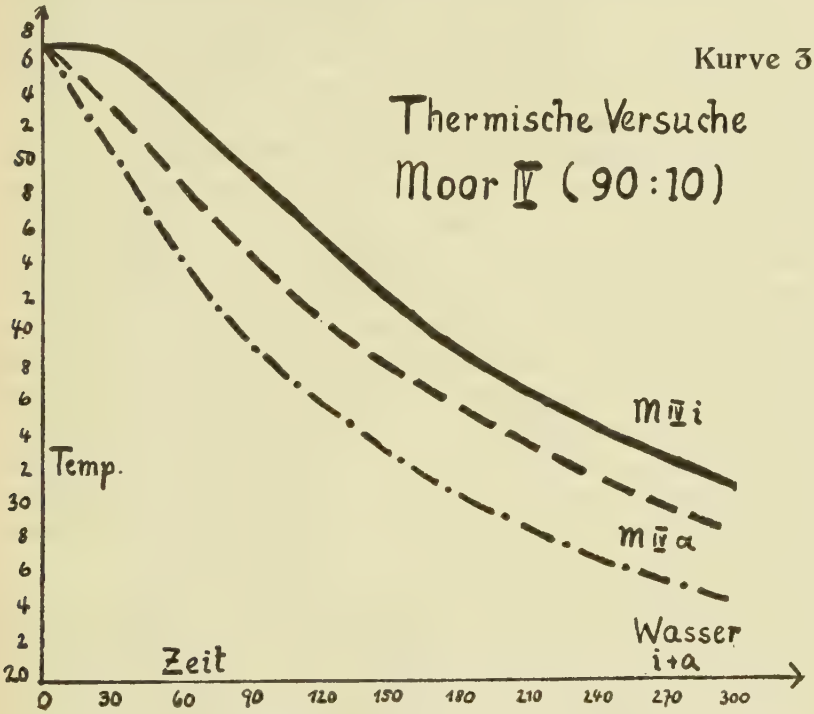
von den Ergebnissen des Moores IV unterscheiden, bei denen die Unterschiede zwischen Innen- und Außentemperatur oft das Doppelte und Dreifache betragen. Diese Zahlen der letzten Versuchsreihen sind keine Ausnahmen, denn vergleicht man sie daraufhin mit früheren Versuchsreihen, so muß man dieselbe Feststellung machen. Bei allen drei Versuchsreihen, in denen Moor II und Moor



IV mit oder ohne Salzzusatz zum Vergleich stehen, ist es bemerkenswert, daß die Unterschiede zwischen Innen- und Außentemperatur grundsätzliche Abweichungen aufweisen. So beträgt am Schluß der verschiedenen Versuche die Differenz zwischen außen und innen bei

Moor II	innen	außen	Differenz
in Tabelle 8:	28,8°	27,6°	1,2°
„ „ 9:	27,0°	26,0°	1,0°
„ „ 10:	29,1°	28,1°	1,0°
Moor IV			
in Tabelle 8:	30,0°	28,4°	1,6°
„ „ 9a:	28,9°	27,1°	1,8°
„ „ 9:	28,0°	25,4°	2,6°
„ „ 10:	29,5°	26,9°	2,6°
„ „ 10:	30,5°	22,6°	2,5°

Was ist aus diesen Zahlen zu ersehen? Die Ergebnisse zeigen uns, daß das Verhältnis von organischer zu anorganischer Substanz im Moore die Wärmeleitungsfähigkeit bestimmt. Je mehr anorganische Substanz (Moor III) vorhanden ist, um so ausgeglichener wird die Innen- und Außentemperatur sein, je höher der Prozentsatz an organischer Substanz (Moor IV), um so schlechter das Wärmeleitungsvermögen, Schichtenbildung und somit Vergrößerung der Unterschiede zwischen Innen- und Außentemperatur.



Das Bild der Abkühlung kann man am besten durch Kurven charakterisieren. Die Resultate der thermischen Bestimmungen, die ich bei sämtlichen Moorbreien durchführte, lassen sich in drei verschiedenen Typen darstellen.

1. Kurve von Moor III, das stark verwittert ist und daher zum größten Teil aus anorganischer Substanz besteht. Ein Abfall der Innen- und Außentemperatur ist gleich von Anfang an festzustellen. Bei diesem Versuch fällt die Innentemperatur in der ersten Viertel-

stunde in geringem Maße. Nach 45 Minuten verläuft die Abkühlungskurve parallel zur äußeren Abkühlungskurve des Moorbreies. Innen- und Außentemperatur sind nicht allzu weit von einander entfernt. Die Kurve der Außentemperatur verläuft von Anfang an fast gleichmäßig abwärts, da die Abkühlung nicht durch eine derartige Schichtenbildung verzögert wird. Nur fällt die Kurve nicht in dem Maße wie die des Wassers.

2. Kurve von Moor I (oder Moor II), das mehr organische, d. h. noch pflanzliche Substanzen, aber auch einen nennenswerten Gehalt von Mineralsalzen, enthält. Die Innentemperatur bleibt 15 Minuten lang nahezu auf ihrer anfänglichen Höhe stehen, fällt erst nach 30 Minuten langsam ab und verläuft später mit der Kurve der Außentemperatur so, daß sie sich nach dem Ende zu nähern. Bei diesem Moor wird nach den Ergebnissen der Ablesung (siehe Tabellen) eine Beschleunigung des Temperaturabfalles durch Hinzufügen von Mineralsalzen nicht erreicht. Die Kurven unterscheiden sich von denen des Moorbreies ohne Mineralsalz nicht. Es liegt hier nahe anzunehmen, daß der ursprünglich schon vorhandene Prozentsatz anorganischer Substanz, d. h. von Mineralsalzen eine Beschleunigung des Temperaturabfalles allgemein bewirkt. Eine weitere Zugabe von Mineralsalzen, in Form von Kochsalz oder Eisenvitriol, wird daher den Temperaturabfall des Moores II oder I nicht mehr maßgebend beeinflussen können. Immerhin liegen aber die Kurven von Innen- und Außentemperatur im Gegensatz zu denen des Moores III etwas weiter auseinander.

3. Kurve von Moor IV. Es enthält einen viel höheren Prozentsatz organischer d. h. unzersetzter pflanzlicher Substanzen. Die Innentemperatur bleibt fast 30 Minuten lang auf ihrer anfänglichen Höhe stehen und fällt dann langsam in eine Kurve übergehend, ab. Erst später verläuft sie fast parallel zur Kurve der Außentemperatur. Charakteristisch für den Verlauf der Abkühlung dieses Moores ist der weite Abstand zwischen Innen- und Außentemperatur. Der Grund hierfür ist schon vorher einmal erläutert worden. Aus den Ablesungen (siehe Tabellen) konnten wir weiterhin schließen, daß das Verhalten des mineralarmen Moores IV durch Zusatz von Kochsalz oder Eisenvitriol eine Beeinflussung erfährt. Kochsalzzusatz führt hier zu einer Beschleunigung der Temperatursenkung. Eisenvitriol hingegen verzögert den raschen Abfall.

Schlußzusammenfassung.

Am Schluß meiner Versuche möchte ich die Ergebnisse der einzelnen Aufgaben zusammenfassen und gliedere sie nach folgenden Gesichtspunkten:

1. Beeinflussung der Konsistenz des Moorbreies durch Zugabe von Mineralsalzen. Feststellung durch die Senklotversuche.

2. Beeinflussung des Wärmehaushaltes der verschiedenen Moorbreie bei Veränderung ihrer Konsistenz durch vermehrten Wassergehalt.

3. Beeinflussung des Wärmehaushaltes der verschiedenen Moorbreie durch Zugabe von Mineralsalzen (thermische Versuche).

ad 1) Aus den Ergebnissen der Senklotversuche ist zu entnehmen, daß bei Hinzufügung von Kochsalz bezw. Eisenvitriol eine Verdünnung der Konsistenz eingetreten ist. Das Torpedo überwandt, verglichen mit den Ergebnissen der Versuche des nur mit Wasser angerührten Moorbreies, in kürzerer Zeit den Widerstand des Moores entsprechend dem prozentualen Anteil des Mineralsalzes. Dies traf besonders für Kochsalz zu. Sehr gut zu beobachten war es bei den Mooren I, II und III, da ihre feine Beschaffenheit den Einfluß durch die zugegebenen Mineralsalze zuläßt. Die Ergebnisse bei Moor IV sind aber nicht so klar. Das ist eine Folge der faserigen Beschaffenheit des jungen Moores.

ad. 2) Der Wassergehalt hat bei noch bestehender Brei-Konsistenz bei Moorbreien gleicher Art nach den vorliegenden Ergebnissen keinen Einfluß auf den Verlauf der Abkühlung. Hingegen ist der mehr oder weniger hohe Anteil noch nicht völlig zersetzter, sondern noch pflanzlicher Substanz für das thermische Verhalten eines Moorbreies von großer Bedeutung.

ad 3) Während bei den Senklotversuchen eine Veränderung der Konsistenz des Moorbreies durch Zugabe von Mineralsalzen nachgewiesen werden konnte, läßt sich bei den thermischen Bestimmungen eine wesentliche Beeinflussung nicht feststellen. Kleine Unterschiede in der Abkühlung bilden keine Gesetzmäßigkeit. Dies bezieht sich hauptsächlich auf die Moorbreie I, II und III. Was die Ergebnisse von Moor IV anbetrifft, so konnte hier ein geringer Ein-

fluß des Eisenvitriols festgestellt werden, und zwar hat dieser Zusatz die Abkühlung des Moores IV verlangsamt.

Es ist aber bemerkenswert, daß das Alter eines Moores auf sein thermisches Verhalten von entscheidender Bedeutung ist. Junges, pflanzenreiches Moor hält die aufgespeicherte Wärme länger, während gut zersetztes, altes Moor infolge des hohen Anteils anorganischer Substanzen ein größeres Wärmeleitungsvermögen besitzt.

Literaturverzeichnis.

1. Schulz: „Thermisches Verhalten und Konsistenz von Bade-Moorbreien." Inaug. Dissertation, Jena 1936.
2. Hemlkamff: „Moor und Moorbäder". — Leipzig 1930.
3. Braun-Fromm: zittiert nach Helmkampff (2).
4. Kionka: „Beurteilung und Bewertung der Moorbäder". — Therapie der Gegenwart 1925. Heft 3.
5. Lübben: „Das thermische Verhalten von Moorbreien und anderen Aufschwemmungen". — Inaug. Dissertation, Jena 1908 — Balneolog. Zeitung 1908.

Mein Lebenslauf.

Meine Eltern sind der Prokurist Paul Werner und seine Ehefrau Frieda geb. Leonhardt in Reinsdorf.

Ich wurde geboren am 2. August 1908 in Reinsdorf über Zwickau i. Sa. Nach 7 Jahren Volksschule besuchte ich ab Ostern 1922 die Deutsche Oberschule in Zwickau mit der Quarta beginnend. Dort blieb ich mit einer einjährigen Unterbrechung bis zur Hochschulreife. Diese erlangte ich Ostern 1930. Ich wendete mich dem Studium der Zahnheilkunde zu und bezog im S. S. des gleichen Jahres die Universität in Jena. Dort blieb ich bis zum W. S. 1931/32 und vertauschte Jena im S. S. 32 mit Innsbruck. Vom W. S. 1932/33 bis W. S. 1933/34 beendete ich in Jena mein Studium und erhielt nach bestandenem Staatsexamen am 19. Mai die Approbation als Zahnarzt. Seit Juni 1934 bin ich als Assistent tätig.

Meine Eltern sowie ich gehören der evangelisch-lutherischen Konfession an.

Reinsdorf über Zwickau d. 17. Juni 1935.

Herbert Werner, Zahnarzt.